

# Imagens CBERS HRC como subsídio para atualização de classe de locação de gasodutos de transmissão

Alexandro Gularte Schafer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC  
Caixa Postal 476 – 88040-900 - Florianópolis - SC, Brasil  
alschafer@gmail.com

**Abstract.** There are several methods for the risk assessment and risk management applied to pipelines, among them the Muhlbauer's Method. W. Kent Muhlbauer is an internationally recognized authority on pipeline risk management. He made a detailed identification about 300 distinct conditions that influence the risk assessment in pipelines and he proposed a score system that is known as method of Muhlbauer. The purpose of this model is to evaluate the public exposure to the risk and identify ways for management that risk in fact. The assessment is made by the attribution of quantitative values to the several items that influences in the pipeline risk. In pipeline, the class of location is one of the factors that modify the score of the risk. This paper aim presents the risk evaluation subject in pipelines of transmission with base in the basic model of risk evaluation proposed by Muhlbauer and it proposes the use of images CBERS HRC as subsidy for the updating of classes of location.

**Palavras-chave:** pipeline, risk, remote sensing.

## 1. Introdução

Quando um gasoduto está instalado e operando, um perigo ainda não existente é introduzido. O aumento do risco que este perigo representa é geralmente aceito pela sociedade em função dos benefícios que o gasoduto proporciona.

A ocorrência de falhas em gasodutos que transportam substâncias perigosas pode representar grandes riscos. Liberações de materiais combustíveis ou tóxicos podem ser eventos iniciais de acidentes com efeitos catastróficos. Apesar da ocorrência de diversos incidentes ao redor do mundo, é reconhecido que os dutos são um dos meios mais seguros de transportar grandes volumes de produtos perigosos (Papadakis, 1999).

De acordo com Cooper et al. (2004), o gerenciamento de risco é uma ferramenta que proporciona uma maneira estruturada de avaliar e relacionar as incertezas futuras. Ele refere-se a cultura, processos e estruturas que são direcionados ao gerenciamento efetivo de perigos potenciais e de seus efeitos adversos. O processo de gerenciamento de risco envolve a aplicação sistemática de políticas, processos e procedimentos de gerenciamento para estabelecer o contexto, identificar, analisar, avaliar, tratar, monitorar e comunicar o risco.

Existem vários modelos e métodos para a avaliação de risco em dutos, dentre eles a técnica de avaliação proposta por Muhlbauer (1996, 2004). Essa técnica pode ser descrita como um "sistema de pontuação". É um híbrido de vários métodos de avaliação de risco e cai parcialmente na categoria de avaliação subjetiva de risco. Valores numéricos (pontuação) são atribuídos às condições do duto que contribuem para o cenário de risco. A pontuação é determinada por uma combinação de valores estatísticos com a experiência de operadores (experts). A grande vantagem desta técnica é que um espectro de informação muito amplo pode ser incluído.

Dentre os vários itens que influenciam na pontuação da avaliação de risco, o fator densidade populacional apresenta-se como item de grande importância. Atribui-se uma pontuação a esse item de acordo com a classe de locação do trecho do duto em estudo.

A definição da classe de locação do duto reporta ao período em que foram tiradas as ortofotos (e realizados trabalhos de campo). Passados alguns anos da construção/montagem e operação do duto, a classe de locação pode ser alterada, alterando-se a pontuação do item densidade populacional e conseqüentemente a pontuação final de risco do local.

Uma maneira de atualizar a classe de locação é por meio de imagens de sensoriamento remoto, onde as imagens HRC do CBERS apresentam grande potencial de utilização. Este artigo apresenta a questão da avaliação de risco em gasodutos de transmissão com base no modelo básico de avaliação de risco proposto por Muhlbauer e propõe a utilização de imagens CBERS HRC como subsídio para a atualização de classes de locação.

## 2. Metodologia

O presente trabalho constitui-se de pesquisa bibliográfica, pesquisa junto a documentos de engenharia de projetos de gasodutos e da experiência do autor, que atuou como engenheiro de projetos na construção e montagem de gasodutos de transmissão.

Apresenta-se a seguir o resultado dessas pesquisas.

## 3. Resultados

### 3.1 O modelo básico de avaliação de risco de Muhlbauer

O propósito do modelo de avaliação de risco é avaliar a exposição da população ao risco e identificar meios para gerenciar efetivamente o risco. A figura 1 apresenta o modelo básico de avaliação de risco proposto por Muhlbauer.

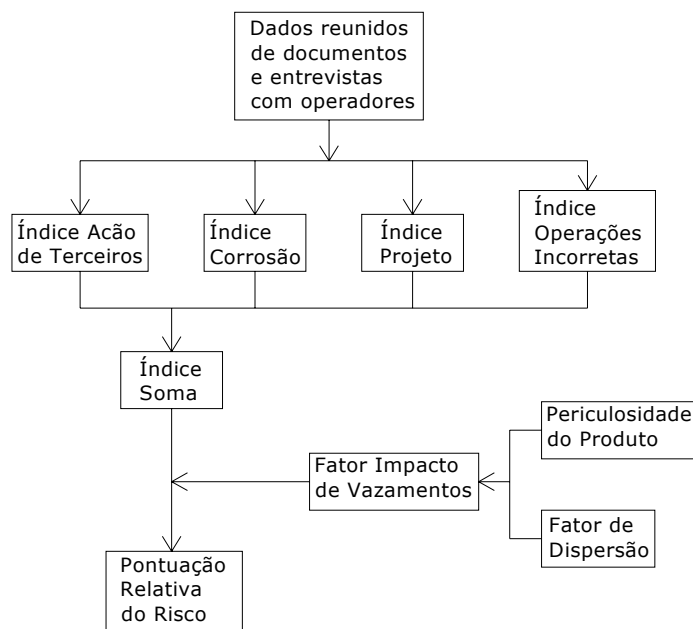


Figura 1: Modelo Básico de Avaliação de Risco – Adaptado de Muhlbauer (1996).

A técnica deste sistema de pontuação subjetivo é relativamente simples e direta. O cenário de risco na linha de dutos é examinado em duas partes gerais. A primeira parte é uma especificação detalhada de todos os eventos razoavelmente previsíveis que podem conduzir a falhas em uma linha de dutos (O que pode dar errado? e Qual a probabilidade?) e a atribuição de uma pontuação relativa a cada um. A segunda parte é uma análise das potenciais conseqüências caso uma falha venha a ocorrer. Esta segunda parte relaciona-se com o perigo relativo constante – sua natureza aguda e crônica. A primeira parte destaca opções operacionais e de projeto que podem modificar a exposição ao risco.

Na primeira parte, tem-se o item soma, subdividido em quatro índices. Estes correspondem a categorias típicas das falhas nos acidentes em linhas de dutos. Cada índice diz respeito a uma área geral ao qual, historicamente, são atribuídos os acidentes em linhas de dutos. Dividindo cada um dos quatro índices em vários itens e atribuindo valores a eles, o avaliador chega a um valor numérico para cada índice. Os itens considerados no método de Muhlbauer, bem como sua pontuação relativa, são apresentados em Schäfer e Miguelis (2008). Os quatro índices avaliados são então somados, chegando-se a um valor total. Este valor será usado na próxima etapa quando os perigos em potencial são considerados. Os valores individuais dos itens, não apenas a pontuação total do índice, são preservados para a realização de análises mais detalhadas.

Na segunda parte, é realizada uma análise detalhada levando-se em conta as conseqüências em potencial de uma falha na linha de dutos. Características do produto transportado, condições de operação da linha de dutos, e a situação da linha são consideradas para chegar a um “fator de conseqüência”, que é chamado “fator impacto de vazamento” e inclui perigos agudos e crônicos associados com a liberação do produto. O “fator impacto de vazamento” é combinado com o item soma (por divisão) para chegar-se a uma pontuação final de risco.

Esta técnica é repetida para cada seção da linha de dutos e o resultado final é um valor numérico de risco para cada seção.

### 3.2 A importância da atualização das classes de locação para a avaliação de risco em gasodutos

O índice “Fator Impacto de Vazamento” serve para ajustar o “índice pontuação”, refletindo as conseqüências de uma falha da linha de dutos. O quadro 1 apresenta os itens considerados no fator impacto de vazamento.

Quadro 1: Variáveis do “Fator Impacto de Vazamento” (Muhlbauer, 1996).

<b>Fator Impacto de Vazamento</b>
A. Periculosidade do produto (periculosidade aguda + periculosidade crônica)
1. Periculosidade aguda
a. Inflamabilidade ( $N_f$ )
b. Reatividade ( $N_r$ )
c. Toxicidade ( $N_h$ )
Total ( $N_h + N_r + N_f$ )
2. Periculosidade crônica, RQ
B. Fator de dispersão (pontuação do derramamento) / (pontuação da população)
1. Derramamento de líquido ou derramamento de vapor
<b>2. Densidade Populacional</b>

O “Fator Impacto de Vazamento” é obtido mediante a divisão da pontuação atribuída a “periculosidade do produto” pela pontuação atribuída ao “fator de dispersão”.

$$\text{Fator Impacto de Vazamento} = \frac{(\text{periculosidade do produto})}{(\text{fator de dispersão})}$$

Neste ponto, possíveis iniciadores de falhas em dutos são avaliados. Estes iniciadores definem “O que pode dar errado”. Ações ou dispositivos que são projetados para prevenir

estes iniciadores de falha são também considerados. Estas prevenções afetam a seguinte questão: *Como provavelmente ocorrerá? (a falha)*.

A última porção da avaliação de risco engloba a questão *Quais serão as conseqüências?* Quando esta questão é respondida tem-se o cenário completo: a) Os perigos em potencial; b) A probabilidade de ocorrência de perigos; c) As conseqüências caso os perigos ocorram.

O fator conseqüência começa no ponto de falha da linha de dutos. Qual é o impacto de um vazamento em uma linha de dutos? A resposta depende de duas questões: a) O produto transportado pela linha de dutos; b) Os locais que a linha de dutos atravessará.

Infelizmente, a interação entre esses dois fatores pode ser imensamente complexa e na maioria das vezes impossível de modelar. A possível taxa de vazamento, as condições do tempo, tipos de solos, populações vizinhas, etc são por si só altamente variáveis e imprevisíveis. Quando as interações entre estes e as características dos produtos também são consideradas, o problema torna-se solucionável somente através de suposições e aproximações.

Contudo, o fator impacto de vazamento é calculado a partir da análise das características do produto e das características da sua liberação ou derramamento. Enquanto suposições e aproximação são usadas, são feitas distinções suficientes para assegurar que a avaliação de risco seja significativa.

O “Fator de Dispersão” é calculado mediante uma análise do derramamento do produto e da população próxima ao duto. O “Fator de Dispersão” é obtido mediante a divisão da pontuação atribuída a “Pontuação Derramamento” pela pontuação atribuída a “Densidade Populacional”:

$$\text{Fator de dispersão} = \frac{(\text{pontuação item derramamento})}{(\text{pontuação densidade da população})}$$

A pontuação para a variável “Densidade Populacional” é concedida com base na classe de locação. Esta pontuação ajusta a pontuação devido ao derramamento que modificará o fator de dispersão e conseqüentemente o “Fator Impacto de Vazamento”.

### 3.3 Determinação da classe de locação de gasodutos

A pontuação para o item densidade de população é concedida com base na classe de locação do trecho do duto em análise.

Nos projetos de gasodutos, a classe de locação define coeficientes de segurança, pressões e métodos de teste hidrostático de dutos (N-2047). As classes de locação são definidas por um número inteiro variando de 1 a 4. A classe de locação deve ser estabelecida em função da quantidade de construções para ocupação humana existentes em uma unidade de locação de classe. Uma unidade de locação é uma área que se estende 200m para cada lado da linha de centro de qualquer trecho do duto, com comprimento contínuo de 1600m (N-2180).

As classes de locação para gasodutos são as seguintes (N-2180):

**Classe 1:** qualquer unidade de classe tendo 10 ou menos construções para ocupação humana.

**Classe 2:** qualquer unidade de locação de classe tendo mais de 10 e menos de 46 construções para ocupação humana.

**Classe 3:** qualquer unidade de locação de classe tendo 46 ou mais construções para ocupação humana, exceto onde prevalecer a classe de locação 4.

**Classe 4:** qualquer área onde um duto esteja a menos de 90m de um prédio que seja ocupado por 20 ou mais pessoas durante o uso normal, tais como: igrejas, templos, cinemas, escolas, entre outros ou uma pequena e bem definida área externa ocupada por 20 ou mais pessoas durante o uso normal, tais como campos de futebol, quadras de esportes e similares.

Na figura 2, apresenta-se um desenho de planta e perfil de um trecho de gasoduto. Basicamente, têm-se o desenho do duto em planta (01), o desenho do duto em perfil (02) e a guitarra (03). A classe de locação de cada trecho do gasoduto consta na guitarra (figura 03). Essa classificação é obtida inicialmente mediante exame das ortofotos que fazem parte da planta de faixa. Na figura 04, tem-se um trecho de ortofoto com a presença de edificações.

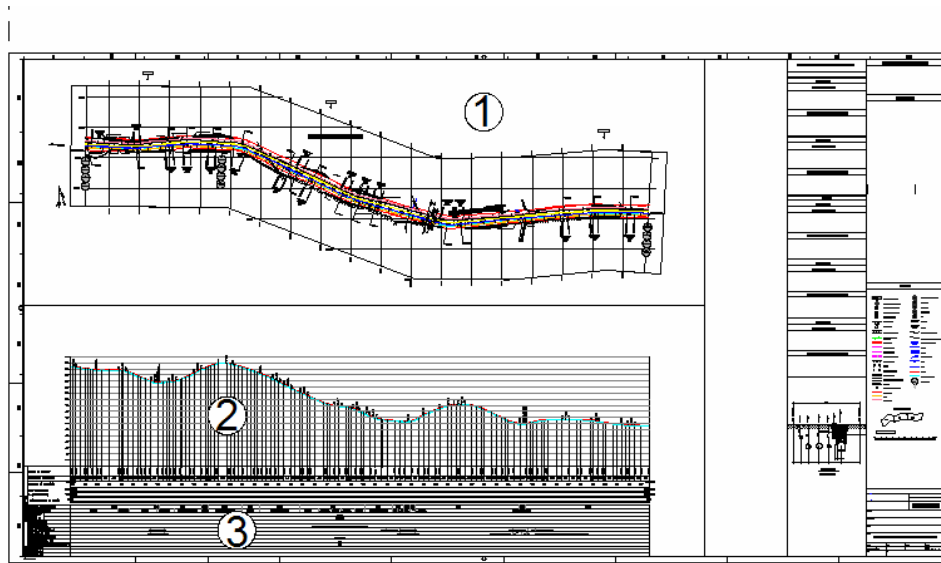


Figura 02 – Prancha de planta e perfil de gasoduto

km(PROGRESSIVA)	15+916,33
km(DESENVOLVIDA)	16+098,86
km(PROGRESSIVA DA FAIXA)	HOLD
COBERTURA DO DUTO (m, min.)	0,80m
CLASSIFICAÇÃO DO SOLO	ROCHA   ARENOSO   ROCHA
DIAM. NOM. 28"	
MATERIAL	
API 5L X 70	
TUBO CAMISA ( m )	
REVESTIMENTO ( m )	
PROT. DA TUBULAÇÃO ( m )	JÇ=97mm
SINAL. PROT. DO DUTO	JUNTA CC
CLASSE DE LOCAÇÃO / FATOR	CL-03 / 0,50
CLASSE DE PRESSÃO - ANSI	
PRESSÃO DE TESTE HIDROSTÁTICO ( Kgf/cm <sup>2</sup> )	
COBERTURA (m)	
COBERTURA (m)	
COBERTURA (m)	

Figura 03 – detalhe da guitarra indicando a classe de locação do trecho do duto



Figura 04 – Ortofoto evidenciando a presença de edificações próximas ao duto.

### 3.4 As imagens HRC do CBERS

A câmera HRC (HRC - High Resolution Camera) opera numa única faixa espectral, que cobre o visível e parte do infravermelho próximo e está presente apenas no CBERS-2B. Produz imagens de uma faixa de 27 km de largura com uma resolução de 2,7 m. Como sua faixa de cobertura é de 27 km, são necessários cinco ciclos de 26 dias para que os 113 km padrão da CCD sejam cobertos pela HRC. Assim, a cada 130 dias é possível ter uma cobertura completa do país, para ser correlacionada com aquela obtida pela câmera CCD, que neste período terá coberto o país por cinco vezes. O quadro 02 apresenta as características da Câmera HRC do CBERS-2B.

Características da Câmera Pancromática de Alta Resolução - HRC	
Banda espectral	0,50 - 0,80 $\mu\text{m}$ (pancromática)
Campo de Visada	2,1°
Resolução espacial	2,7 x 2,7 m
Largura da faixa imageada	27 km (nadir)
Resolução temporal	130 dias na operação proposta
Taxa de dados da imagem	432 Mbit/s (antes da compressão)
Quantização	8 bits

Na figura 05, tem-se um trecho de faixa de um gasoduto (20m) em parte de uma imagem CBERS HRC. Na figura 06, pode-se verificar a possibilidade de detecção de edificações ao longo da imagem.



Figura 05 – Faixa de gasoduto em parte de uma imagem CBERS HRC

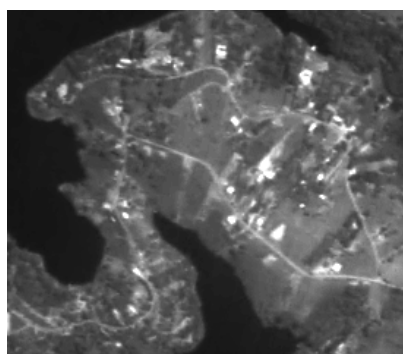


Figura 06 – Edificações em parte de uma imagem CBERS HRC

#### 4. Conclusão

Apresentou-se a questão da avaliação de risco em dutos de transmissão com base no modelo básico de avaliação de risco proposto por Muhlbauer e se propôs a utilização de imagens CBERS HRC para atualização das classes de locação de dutos.

As imagens CBERS HRC têm grande potencial de aplicação no processo de avaliação de risco em dutos, tanto pela sua resolução espacial (2,70m) quanto pela sua resolução temporal (130 dias). A resolução temporal é importante, pois como a avaliação de risco deve ser realizada periodicamente, há a necessidade de imagens atualizadas periodicamente. Pode-se citar ainda como vantagem das imagens CBERS a possibilidade de sua aquisição gratuita.

Com a utilização das imagens CBERS HRC, é possível detectar a presença de novas construções na faixa que compreende a unidade de locação de classe para gasodutos. As imagens podem também ser utilizadas para o estudo das mudanças de uso e ocupação do solo a nível de propriedade rural, auxiliando na pontuação do item “ação de terceiros” que é parte do índice soma do modelo básico de avaliação de risco proposto por Muhlbauer.

Para a utilização das imagens HRC para a atualização das classes de locação, deve-se tomar como base a classe de locação e as ortofotos das pranchas de planta e perfil e/ou das pranchas de *as built* do duto (escala 1:1000). Ressalta-se, por fim, que os trabalhos de campo

são essenciais para garantir coerência e qualidade na atualização das classes de locação dos gasodutos de transmissão.

## **Referências**

American Society of Mechanical Engineers (ASME). ASME b31.8 – Gás transmission and distribution piping systems. 1999 edition. ASME.

Cooper, d. f.; Grey, s.; Raymond g.; Walker, p.. **Project risk management guidelines: managing risk in large projects and complex procurements**. England: John Wiley & Sons, 2005.

Muhlbauer, W. K. **Pipeline risk management manual**. second edition. Houston: Gulf Publishing Company. 1996.

Papadakis, G. A.. Major hazard pipelines: a comparative study of onshore trasmission accidents. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**. Elsevier. 12. 1999.

Petrobras. N-2047 – Apresentação de projetos de dutos terrestres. ver. b, 2003.

Petrobras. N-2180 – Relatório para classificação de locação de gasodutos terrestre. ver. a, 2003.

Schafer, A.; Miguelis, P. o método de muhlbauer para gerenciamento de risco em linhas de dutos em ambiente onshore. **Proceedings of Rio Oil & Gás Expo and Conference 2008**. Rio de Janeiro, 2008.